

## Az infravörös spektroszkópia alkalmazása a talajok erodálhatóságának tanulmányozására

CHANDRA, S. és DE, S. K.

*Allahabadi Egyetem, Kémiai Tanszék, Allahabad (India)*

DE [4, 5] a talajok infravörös spektrumáról megállapította, hogy a 2,0–15,0  $\mu$  tartományban felhasználható a talaj különböző fiziko-kémiai tulajdonságainak és termőképességének tanulmányozására. Feltételezte, hogy a különböző hullámhosszú infravörös csúcsok megjelenése összefüggésben van a talaj egyik vagy másik jellemzőjével. A 2,0–3,0  $\mu$  közti csúcsok az adszorbeált (kötött) víz mennyiségével, a 3,0–7,0  $\mu$  közöttiek az abszorbeált (nem kötött) víz mennyiségével, valamint a báziskicserélő kapacitással, a 9,0–9,5  $\mu$  közöttiek a Si–O kötéssel, a 9,5–10,0  $\mu$  közöttiek az Al–O kötéssel, a 10,9–11,0  $\mu$  közötti a Si–H kötéssel és a 12,0–15,0  $\mu$  közöttiek az Si–C kötéssel mutatnak korrelációt. A csúcsok magasságából és meredekségéből az egyes funkcionális csoportok mennyisége meghatározható. Mindezek alapján úgy tűnik, hogy az infravörös színeképek használata gyors talajvizsgálati módszerként javasolható. Hasonlóképp egyszerű és gyors ellenőrző módszer lehet a talaj víz-erodálhatóságának vizsgálatában is. Jelen munka célkitűzése: 1. megvizsgálni, van-e különbség erodált és nem erodált talajok infravörös színeképei között; 2. megállapítani, hogy a módszer alkalmazható-e a víz hatására erodálódó és a víz-erózióknak ellenálló talajok megkülönböztetésére.

### Anyag és módszer

A vizsgálatra felhasznált mintákat különböző talaj-klimatikus vidékek azonos körzeteihez tartozó erodált és nem erodált talajok 0–20 cm-es rétegeből vettük. Különböző típusú talajok mintáit gyűjtöttük be Uttar Pradesh

#### 1. táblázat

#### A mintavételi helyek klimatikus jellemzői

(1) Talajklimatikus terület	(2) Tengerszint feletti magasság m	(3) Hőmérsék- leti max.	(4) Hőmérsék- leti mín.	(5) Átlagos hőmérséklet	(6) Átlagos rel. páratartalom %	(7) Csapadék mm
		°C				
a) Félsivatagi	169	32,0	19,8	25,8	53,8	649
b) Arid	94	31,4	19,3	25,1	-61,3	994
c) Szemiarid	270	30,6	17,0	23,1	60,6	1074
d) Szubhumid	180	31,0	19,6	24,7	67,8	1289
e) Vidhyan	—	—	—	25,2	—	1084
f) Bundelkhand	260	32,8	20,5	26,2	52,3	954

2. táblázat

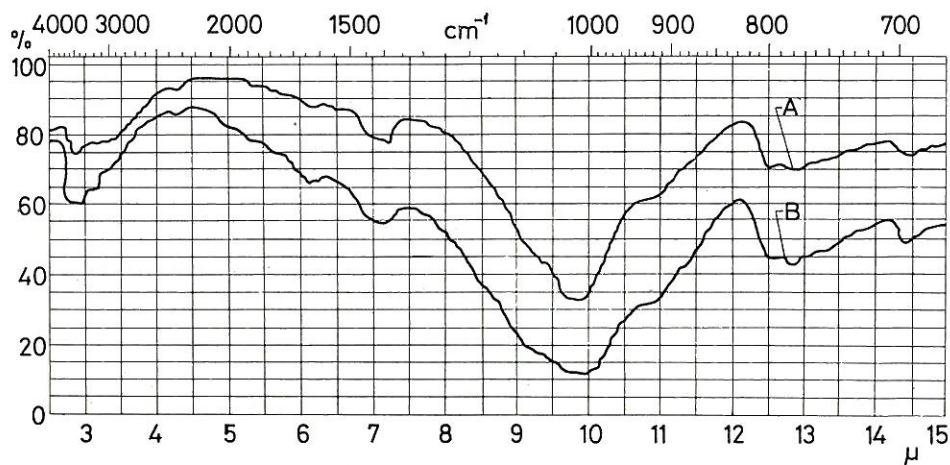
## A vizsgált talajok összetétele és

(1) Fizikai és kémiai tulajdon- ságok	(2) Agra (félsivatagi)		(3) Allahabad (arid)		(4) Saharanpur (szemi-arid)	
	A	B	A	B	A	B
a) Durva homok %	0,29	1,20	0,48	0,72	0,69	1,32
b) Finom homok %	76,33	70,71	57,15	66,39	77,34	63,98
c) Vályog %	12,13	17,49	28,40	19,25	12,73	17,47
d) Agyag %	10,13	9,75	13,59	13,11	19,66	18,17
e) Kationkicszerelő képesség (me/100 g)	9,95	9,45	12,80	11,60	8,25	14,10
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	5,75	6,50	7,35	8,50	4,00	6,55
CaO %	0,16	0,23	0,34	0,41	0,14	0,25
Ca + Mg %	1,41	1,58	1,14	1,36	0,64	1,00
f) Összes szerves C %	0,14	0,11	0,27	0,20	0,20	0,15
pH	7,70	9,30	7,30	7,20	7,50	7,50
g) Eróziós együttható						
1%-os lejtésnél	33,38	32,80	30,06	33,46	19,31	13,17
2%-os lejtésnél	56,28	55,50	40,58	57,29	19,88	16,35
4%-os lejtésnél	92,61	80,20	71,13	80,91	42,52	34,90
8%-os lejtésnél	149,00	126,59	97,39	141,26	87,69	45,24
h) Eróziós arány	98,62	82,75	52,49	84,17	53,57	18,43

A = nem erodált talaj; B = erodált talaj.

állam (India) a) félsivatagi (Agra), b) arid (Allahabad), c) szemi-arid (Saharanpur), d) szubhumid (Gorakhpur), e) Vindhyan (Mirzapur) és f) Bundelkhand (Jhansi) talaj-klimatikus vidékeiről (RAYCHAUDHURY [8]). A területek klimatikus jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza.

A minták fiziko-kémiai vizsgálatait JACKSON [6], PIPER [7] és DE [3] szerint végeztük. A viszonylagos erodálhatóságot „eróziós együttható”-val jellemeztük és a DE—SUBHASH-féle eróziós készülékkel mértük (CHANDRA és DE [2]). Az eróziós együttható a talaj erodálhatóságával pozitív korrelációt mutat (2. táblázat).



1. ábra

Félsivatagi nem erodált (A) és erodált (B) talajok infravörös spektroszkópiás görbéje

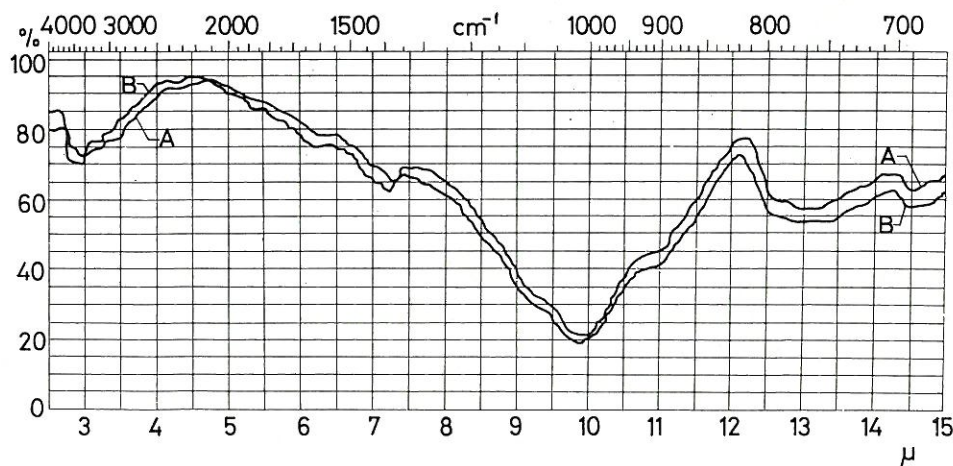
## néhány fiziko-kémiai tulajdonsága

(1) Fizikai és kémiai tulajdonságok	(5) Gorakhpur (szubhumid)		(6) Mirzapur (Vindhyan)		(7) Jhansi (Bundelkhand)	
	A	B	A	B	A	B
a) Durva homok %	0,33	0,98	0,95	1,37	0,62	0,97
b) Finom homok %	72,49	60,88	45,43	44,08	28,81	32,17
c) Vályog %	15,05	22,11	20,92	39,49	32,14	22,80
d) Agyag %	11,73	14,12	30,90	12,60	38,39	43,58
e) Kationcserélő képesség (me/100 g)	10,65	11,25	10,50	13,80	26,00	28,65
$R_2O_3$ %	5,15	5,90	8,85	10,75	13,50	13,75
CaO %	0,17	0,21	0,23	0,25	0,93	0,94
Ca + Mg %	0,67	0,71	0,88	1,00	2,98	3,09
f) Összes szerves C %	0,35	0,26	0,41	0,35	0,36	0,32
pH	7,10	7,60	6,70	7,00	9,00	9,10
g) Erozíós együttható						
1%-os lejtésnél	20,21	15,47	8,27	13,06	5,71	7,82
2%-os lejtésnél	41,53	33,95	10,52	15,51	8,90	9,60
4%-os lejtésnél	63,23	43,96	17,41	20,43	10,51	14,05
8%-os lejtésnél	107,72	71,60	20,35	26,10	13,10	17,73
h) Erozíós arány	64,93	39,58	13,96	16,00	4,80	6,03

Az infravörös abszorpciós színeképeket a 100-as lyukbőségű szitán át-szitált talajok KBr-rel történt tablettázása után a  $2,0\ \mu$ – $15,0\ \mu$  hullámhossz tartományban Perkin–Elmer infravörös spektrofotométerrel vettük fel, nedvességmentes atmoszférában.

## Eredmények és értékelésük

A különböző erodált és nem erodált talajok infravörös spektroszkópiás görbéit az 1.–6. ábra mutatja, a csúcsok hullámhosszát a 3. táblázat tartal-



2. ábra

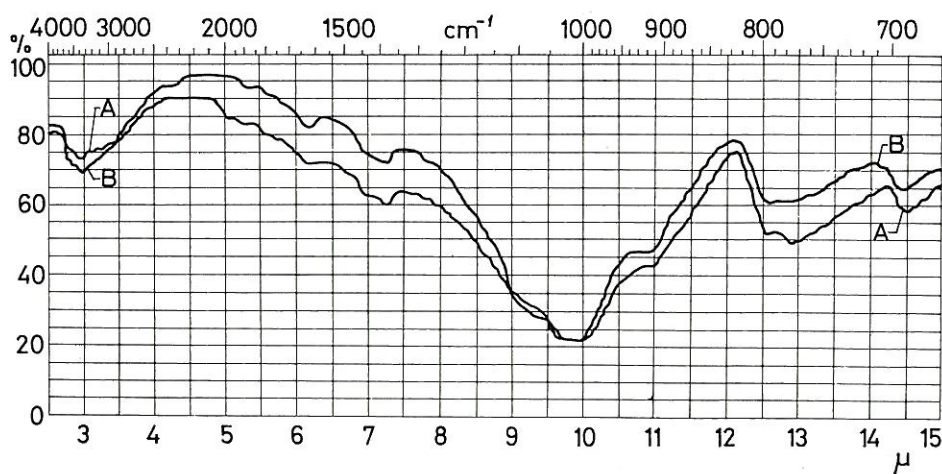
Arid nem erodált (A) és erodált (B) talajok infravörös spektroszkópiás görbéje



3. táblázat

Néhány nem erodált (A) és erodált (B) talaj

(1) Hullám- hossz $\mu$	(2) Agra (félsivatagi)		(3) Allahabad (arid)		(4) Saharampur (szemi-arid)	
	A	B	A	B	A	B
2,0	2,75	2,80	2,80	2,80	2,75	2,75
	2,93		2,95		2,90	2,95
3,0	3,45	3,25	3,45	3,30	3,45	—
			3,85	3,45	3,95	—
4,0	4,33	4,30	4,30	4,35	—	—
		4,90				
5,0	5,25	5,25	5,00	5,30	5,00	5,23
	5,65	5,60		5,65	5,30	5,55
					5,50	5,75
					5,95	
6,0	6,20	6,13	6,20	6,15	6,10	6,15
	6,45		6,58		6,65	6,90
	6,90		6,90		6,88	
7,0	7,20	7,10	7,25	7,20	7,20	7,20
					7,68	7,73
					7,85	
8,0	—	—	—	—	—	—
9,0	9,00	9,08	9,00	9,15	9,20	9,08
	9,80	9,35	9,85	9,45	9,85	9,85
				9,85		
10,0	10,95	10,15	10,15	—	—	10,95
11,0	—	11,00	11,00	11,00	11,00	—
			11,30			
			11,50			
12,0	12,45	12,45	12,45	12,45	12,45	12,50
	12,75	12,85	12,88	12,95	12,85	
13,0	—	—	13,40	13,85	—	—
			13,85			
14,0	14,40	14,30	14,45	14,40	14,40	14,35

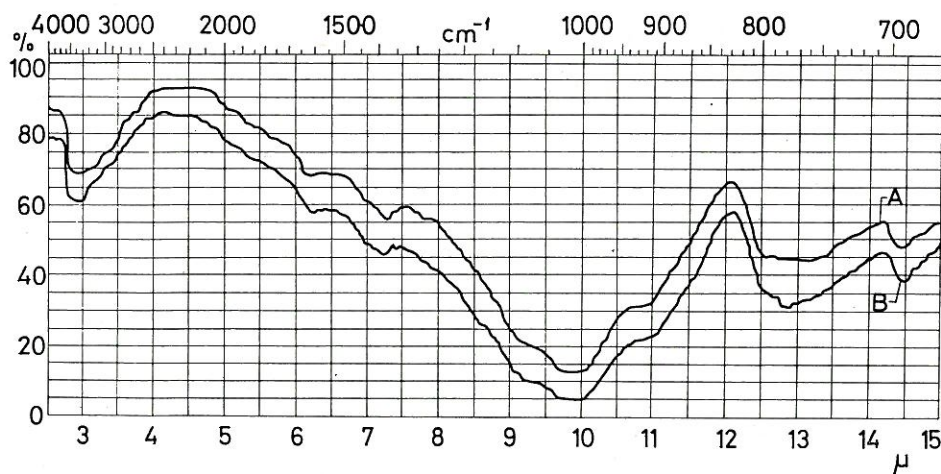


3. ábra

Szemi-arid nem erodált (A) és erodált (B) talajok infravörös spektroszkópiás görbéje

## spektroszkópiás görbéinek infravörös csúcsai

(1) Hullám- hossz $\mu$	(5) Gorakhpur (szubhumid)		(6) Mirzapur (Vindhyan)		(7) Jhansi (Bundelkhand)	
	A	B	A	B	A	B
2,0	2,80	2,35	2,75	2,75	2,73	2,75
	2,95			2,95	2,95	2,95
3,0	3,20	3,25	3,00	3,15	3,23	3,25
	3,45	3,45	3,25	3,40	3,43	3,35
	3,80		3,70		3,60	
4,0	4,90	4,95	—	4,95	4,25	4,95
5,0	5,00	5,28	5,00	5,25	5,30	5,35
	5,28		5,30	5,50	5,75	
	5,60		5,60		5,59	
			5,75			
			5,95			
6,0	6,00	6,15	6,10	6,10	6,10	6,10
	6,10	6,90	6,85		6,80	6,90
	6,90				6,95	
7,0	7,00	7,20	7,25	7,18	7,15	7,00
	7,20		7,65	7,75	7,70	7,20
	7,65				7,83	
	7,75					
8,0	—	—	8,10	8,90	8,95	8,95
			8,30			
			8,93			
9,0	9,05	9,15	9,20	9,95	9,85	9,85
	9,90	9,88	9,80			
10,0	—	—	10,99	10,55	10,95	10,75
				10,90		
11,0	11,00	11,00	—		11,35	11,40
12,0	12,45	12,45	12,50	12,65	12,40	12,45
	12,75	12,75	12,88		12,80	12,80
13,0	—	—	13,30	—	13,15	—
14,0	14,35	14,35	14,38	14,30	14,35	14,30



4. ábra

Szubhumid nem erodált (A) és erodált (B) talajok infravörös spektroszkópiás görbéje

4. táblázat

A spektroszkópiás görbék csúcsainak összes száma és eloszlásuk a különböző infravörös tartományokban

(1) A talaj származási helye és klimatikus jellege	(2) Összes csúcsok száma db	(3) A csúcsok száma a különböző tartomá- nyokban		
		2,0—7,0	8,0—11,0	12,0—15,0
		$\mu$		
a) Agra (főlsivatagi)				
A) Nem erodált	16	10	3	3
B) Erodált	14	8	3	3
b) Allahabad (arid)				
Nem erodált	21	10	6	5
Erodált	16	8	4	4
c) Saharampur (szemiarid)				
A) Nem erodált	20	14	3	3
B) Erodált	15	10	3	2
d) Gorakhpur (szubhumid)				
A) Nem erodált	22	16	3	3
B) Erodált	14	8	3	3
e) Mirzapur (Vindhyan)				
A) Nem erodált	23	13	6	4
B) Erodált	16	10	4	2
f) Jhansi (Bundelkhand)				
A) Nem erodált	23	15	4	4
B) Erodált	18	11	4	3

mazsa. Az összes csúcsok számát és számbeli eloszlásukat az egyes hullámhossz-tartományokban a 4. táblázat mutatja.

*Nem erodált és erodált talajok jellemzése infravörös színeképekkel*

Figyelemreméltó, hogy az összes minta esetében a nem erodált talajoknál a csúcsok száma nagyobb, mint a megfelelő erodált talajoknál. Ez a tény meg-  
egyezik DE azon korábbi megfigyelésével [5], hogy a termékeny talajok viszony-  
lag több infravörös csúcsot mutatnak, mint a terméketlen talajok. Az erodált  
talajok általában kevésbé termékenyek, a finomfrakció, a tápanyagok és a  
szerves anyag kimosódása következtében, s emiatt csökken az infravörös csú-  
csok száma.

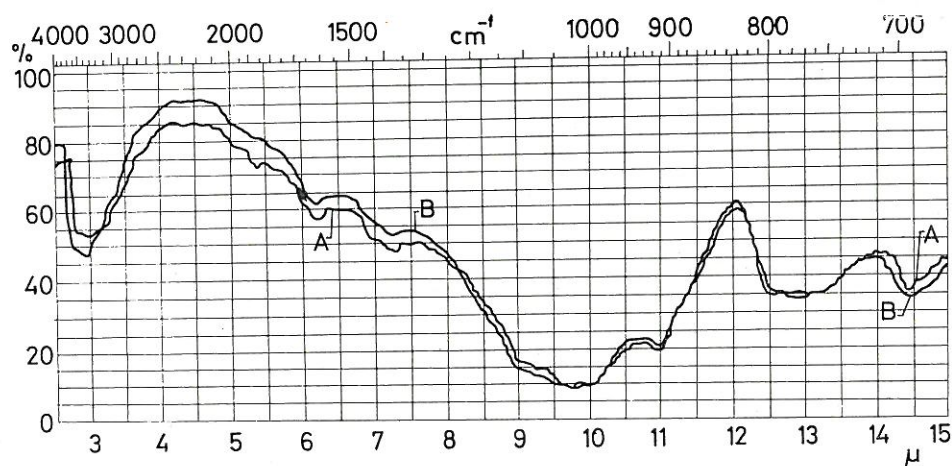
DE [4] a 2,0—7,0  $\mu$  tartományt a kötött és nem kötött vízzel, a 8,0—  
15,0  $\mu$  tartományt a Si- és Al-vegyületekkel és a pH-val, a 12,5—15,0  $\mu$  tar-  
tományt a Si—C kötéssel s ezen keresztül a talaj szervesanyag-tartalmával  
hozta összefüggésbe. A 2,0—7,0  $\mu$  tartományba és a 12,0—15,0  $\mu$  tartományba  
eső csúcsok száma a 4. táblázatban világosan mutatja a vízabszorpciós kapaci-  
tás és a szerves anyag szerepét a víz okozta talajeróziós folyamatokban. Az  
erodált talajok fenti tartományokba eső csúcsainak száma kisebb, mint a nem  
erodált talajok megfelelő csúcsainak száma. Ez nyilvánvalóan bizonyítja,  
hogy kevesebb szerves anyag van jelen, és csökken azoknak a tényezőknél a  
hatása, amelyek a nagyobb vízabszorpciós kapacitást elősegítik. BENNETT [1  
és STELLING [9] hangsúlyozták a két fontos tényező jelentőségét a talajerózió



ellenőrzésében. A  $8,0-11,0\ \mu$  tartományba eső csúcsok száma, ami a szilikátokban, alumínátokban és a pH-ban bekövetkező változásokat jelzi, nem mutat lényeges különbségeket. Ezért, bár a fenti változások ezen területek talajainak eróziójában szerepet játszanak, tanulmányozásuk e módszerrel nem megfelelő pontosságú.

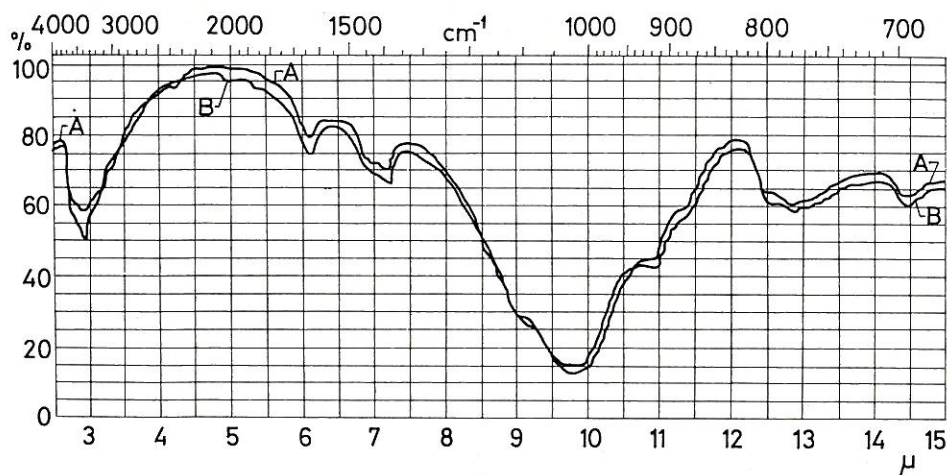
*Erózióra hajlamos és eróziónak ellenálló talajok jellemzése infravörös színeképekkel*

Az infravörös görbék (1-6. ábra) és a csúcsok képe olyan jellegzetességeket mutat, melyek alapján az erózióra hajlamos és eróziónak ellenálló talajok egymástól való megkülönböztetése lehetővé válik ezzel a módszerrel.



5. ábra

Vindhyan nem erodált (A) és erodált (B) talajok infravörös spektroszkópiás görbéje



6. ábra

Bundelkhand nem erodált (A) és erodált (B) talajok infravörös spektroszkópiás görbéje

A Bundelkhand és Vindhyan talaj-klimazónából származó kevésbé erodálódó, vagy az eróziónak ellenálló talajok nem erodált mintáinak görbéi  $3,0\mu$ -nál éles és mély csúcsot mutatnak (lásd a 2. táblázat eróziós együtthatóit). A félsivatagi, arid, szemi-arid és szubhumid területek talajai hajlamosak az erózióra, az onnan származó minták esetében ez a csúcs kicsi és tompa. Megfigyelhető továbbá jobban erodálódó talajoknál, hogy a  $10,0\mu$ -nál levő csúcs transzmittanciája (százalékos fényáteresztő-képessége) a nem erodált minta esetében nagyobb, mint 15%. Érvényes ez a félsivatagi, arid és szemi-arid területekről származó talajoknál. Kevésbé erodálódó talajoknál ez az érték általában 0–15% között van. S végül általános jellemvonásként megfigyelhető, hogy az eróziónak ellenálló talajoknak több jól meghatározott és éles csúcsa van, mint az erősen erodálódó talajoknak.

### Összefoglalás

Félsivatagi, arid, szemi-arid, szubhumid, Vindhyan és Bundelkhand talaj-klimazónából származó nem erodált és erodált talajminták infravörös színképeit vettük fel KBr-os tablettázással Perkin—Elmer infravörös spektrofotométerrel. A módszert alkalmasnak tartjuk erodált és nem erodált talajok jellemzésére, valamint a jobban erodálódó és az eróziónak ellenálló talajok megkülönböztetésére.

### Irodalom

- [1] BENNETT, H. H.: Soil Conservation. McGraw Hill. London. 1939.
- [2] CHANDRA, S. & DE, S. K.: Effect of protein on soil erosion by water. *An. Edafol. Agrobiol.* (In press).
- [3] DE, S. K.: Methods of Soil Analysis. Narayan Publ. House Allahabad. 1962.
- [4] DE, S. K.: Infrared spectra of India soils. *I. Indian J. Agric. Chem.* **1**, 12—20. 1968.
- [5] DE, S. K.: Infrared curve of fertile and unfertile soils. *Proc. Nat. Acad. Sci. India.* **38A**, 59—64. 1968.
- [6] JACKSON, M. L.: Soil Chemical Analysis. Asia Publ. House. Calcutta. 1958.
- [7] PIPER, C. S.: Soil and Plant Analysis. University of Adelaide. 1950.
- [8] RAYCHAUDHURY, S. P. et al.: Soils of India. ICAR Publ. New Delhi. 1963.
- [9] STALLINGS, J. H.: Soil Conservation. Prentice-Hall. Englewood-Cliffs. 1962.

Érkezett: 1973. június 16.

### Application of Infra-Red Spectroscopy to Soil Erodibility Studies

S. CHANDRA and S. K. DE

Department of Chemistry, University of Allahabad (India)

#### Summary

The IR absorption spectra of un-eroded and eroded soil samples from semi-desert, arid, semi-arid, sub-humid, Vindhyan and Bundelkhand soil-climatic regions of India were taken by the KBr-mull technique on Perkin-Elmer infrared spectrophotometer. This method was found to be suitable for characterizing eroded and un-eroded soils and also for differentiating easily erodible soils from those resistant to erosion.

Table 1. Climatic parameters of the sampling sites. (1) Soil-climatic regions: a) semi-desert, b) arid, c) semi-arid, d) sub-humid, e) Vindhyan, f) Bundelkhand. (2) Height



above sea level, m. (3) Max. temperature. (4) Min. temperature. (5) Mean temperature, °C. (6) Mean relative humidity, %. d (7) Rainfall, mm.

*Table 2.* Composition and some physical and chemical properties of the soils studied. (1) Physical and chemical properties. a) Coarse sand, %. b) Fine sand, %. c) Silt, %. d) Clay, %. e) CEC (me/100 g soil). f) Total organic carbon, %. g) Erosion coefficient at slopes of 1 to 8%. h) Erosion ratio. (2) Soils from semi-desert region (Agra). (3) Arid regions (Allahabad). (4) Semi-arid regions (Saharanpur). (5) Sub-humid regions (Gorakhpur). (6) Vindhyan (Mirzapur). (7) Bundelkhand (Jhansi). A = un-eroded soils; B = eroded soils.

*Table 3.* Infra-red spectroscopic curves of some un-eroded (A) and eroded (B) soils ( $\mu$ ). (1) Wavelength,  $\mu$ . (2)–(7) see Table 2.

*Table 4.* Total number and distribution of peaks in the different regions of the IR-curve. (1) Sampling place and soil-climatic regions. a)–f) see Table 1. A = un-eroded soils; B = eroded soils. (2) Total number of peaks. (3) Number of peaks in the different regions of the IR-curve, 2.0–10.0  $\mu$ .

*Fig. 1.* IR spectroscopic curve of un-eroded (A) and eroded (B) soils of semi-desert regions (Agra).

*Fig. 2.* IR spectroscopic curve of un-eroded (A) and eroded (B) soils of arid regions (Allahabad).

*Fig. 3.* IR spectroscopic curve of un-eroded (A) and eroded (B) soils of semi-arid regions (Saharanpur).

*Fig. 4.* IR spectroscopic curve of un-eroded (A) and eroded (B) soils of sub-humid regions (Gorakhpur).

*Fig. 5.* IR spectroscopic curve of un-eroded (A) and eroded (B) soils of Vindhyan (Mirzapur) region.

*Fig. 6.* IR spectroscopic curve of un-eroded (A) and eroded (B) soils of Bundelkhand (Jhansi) region.

## Emploi de la spectroscopie de l'infra-rouge dans l'étude de l'érodabilité des sols

S. CHANDRA et S. K. DE

Département de Chimie, Université d'Allahabad (Indes)

### Résumé

Les spectres d'absorption infra-rouge des échantillons de sol prélevés sur les différentes régions climatiques des Indes (semi-désert, aride, semi-aride, sub-humide, Vindhyan et Bundelkhand) étaient pris avec un spectrophotomètre Perkin-Elmer en se servant de la technique de friction à KBr. Cette méthode s'est avérée convenable à caractériser les sols érodés et non-érodés ainsi qu'à différencier les sols susceptibles d'érosion de ceux résistants à l'érosion.

*Tableau 1.* Paramètres climatiques des territoires du prélèvement des échantillons.

(1) Régions des sols climatiques: a) semi-désert, b) aride, c) semi-aride, d) sub-humide, e) Vindhyan, f) Bundelkhand. (2) Hauteur au-dessus du niveau de la mer, m. (3) Température max. (4) Température min. (5) Température moyenne, °C. (6) Humidité relative moyenne, %. (7) Pluie, mm.

*Tableau 2.* Composition et quelques propriétés physiques et chimiques des sols.

(1) Propriétés physiques et chimiques. a) Sable grossier, %. b) Sable fin, %. c) Limon, %. d) Argile, %. e) Capacité d'échange des cations (me/100 g de sol). f) Carbone organique totale, %. g) Coefficient d'érosion sur des pentes de 1 à 8%. h) Rapport d'érosion. (2) Sols des régions semi-déserts (Agra). (3) Régions arides (Allahabad). (4) Régions semi-arides (Saharanpur). (5) Régions sub-humides (Gorakhpur). (6) Vindhyan (Mirzapur). (7) Bundelkhand (Jhansi). A = sols non érodés; B = sols érodés.

*Tableau 3.* Courbes spectroscopiques de l'infra-rouge de quelques sols non érodés (A) et érodés (B). (1) Longueur d'onde,  $\mu$ . (2)–(7) voir Tab. 2.

*Tableau 4.* Nombre total et distribution des points de rebroussement de la courbe infra-rouge. (1) Lieu du prélèvement des échantillons et régions climatiques de sol. a)–f) voir Tab. 1. A = sols non érodés; B = sols érodés. (2) Nombre total des points de rebroussement. (3) Nombre des points de rebroussement dans les différentes parties infra-rouges du spectre, 2.0–10.0  $\mu$ .

*Fig. 1.* Courbe spectroscopique de l'infra-rouge des sols non érodés (A) et érodés (B) du région semi-désert (Agra).

*Fig. 2.* Courbe spectroscopique de l'infra-rouge des sols érodés (A) et non érodés (B) du région aride (Allahabad).

*Fig. 3.* Courbe spectroscopique de l'infra-rouge des sols non érodés (A) et érodés (B) du région semi-aride (Saharanpur).

*Fig. 4.* Courbe spectroscopique de l'infra-rouge des sols érodés (A) et non érodés (B) du région sub-humide (Gorakhpur).

*Fig. 5.* Courbe spectroscopique de l'infra-rouge des sols non érodés (A) et érodés (B) du région Vindhyan (Mirzapur).

*Fig. 6.* Courbe spectroscopique de l'infra-rouge des sols érodés (A) et non érodés (B) du région Bundelkhand (Jhansi).

## Применение инфракрасной спектроскопии в изучении эрозии почв

Ш. ЧАНДРА и Ш. К. ДЕ

Аллахабадский Университет, Кафедра химии, Аллахабад (Индия)

### Резюме

Были сняты инфракрасные спектрограммы образцов эродированных и неэродированных почв из полупустынной, аридной, семиаридной, субгумидной, Виндхан и Бунделкханд почвенно-климатических зон. Спектрограммы снимались инфракрасным спектрофотометром Пекин—Элмер, пастирование проводили с KBr. Авторы считают данный метод пригодным для характеристики эродированных и неэродированных почв, а также для выделения почв склонных и устойчивых к эрозии.

*Табл. 1.* Климатические показатели мест откуда брались почвенные образцы. (1) Почвенно-климатическая зона: а) Полупустыня. б) Аридная. в) Семиаридная. д) Субгумидная. е) Виндхан. ф) Бунделкханд. (2) Высота над уровнем моря. (3) Температурный максимум. (4) Температурный минимум. (5) Средние температуры в °С. (6) Средняя относительная влажность воздуха. (7) Осадки в мм.

*Табл. 2.* Механический состав изученных почв и их некоторые физические и химические свойства. (1) Физические и химические свойства и эродированность почвы: а) Грубый песок. б) Тонкий песок. в) Суглинок %. д) Глина %. е) СЕС (м. экв./100 г). ф) Общий органический углерод %. г) Эрозионный коэффициент на склонах в 1% и 8%. в) Эрозионное соотношение. (2) Полупустынные почвы (Агра). (3) Аридные почвы (Аллахабад). (4) Семиаридные почвы (Шахарнпур). (5) Субгумидные (Горакхпур). (6) Виндхан (Мирзапур). (7) Бунделкханд (Джанаши). А = неэродированная почва. В = эродированная почва.

*Табл. 3.* Инфракрасные пики спектроскопических кривых некоторых неэродированных (А) и эродированных (В) почв (в  $\mu$ ). (1) Длина волн  $\mu$  (2)—(7) смотри таблицу № 2.

*Табл. 4.* Пики на спектроскопических кривых и их распределение в различных инфракрасных областях. (1) Место происхождения почвы, ее название и эродированность. а) — ф) смотри в таблице № 1. А = неэродированная почва. В = эродированная почва. (2) Пики на спектроскопических кривых, шт. (3) Пики в различных областях спектра 2,0—15,0  $\mu$ .

*Рис. 1.* Инфракрасные спектроскопические кривые для полупустынных (Агра) неэродированных (А) и эродированных (В) почв.

*Рис. 2.* Инфракрасные спектроскопические кривые для аридных (Аллахабад) неэродированных (А) и эродированных (В) почв.

*Рис. 3.* Инфракрасные спектроскопические кривые для семиаридных (Шахарнпур) неэродированных (А) и эродированных (В) почв.

*Рис. 4.* Инфракрасные спектроскопические кривые для субгумидных (Горакхпур) неэродированных (А) и эродированных почв (В).

*Рис. 5.* Инфракрасные спектроскопические кривые для Виндхан (Мирзапур) неэродированных (А) и эродированных (В) почв.

*Рис. 6.* Инфракрасные спектроскопические кривые для Бунделкханд (Джанаши) неэродированных (А) и эродированных (В) почв.